

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problems Mailbox.**

THIS PAGE BLANK (USPTO)

from client letter - spec.
DIALOG(R) File 351: Derwent WPI
(c) 2001 Derwent Info Ltd. All rts. reserv.

013183987 **Image available**

WPI Acc No: 2000-355860/200031

XRPX Acc No: N00-266964

Optical unit for manufacture of integrated chips fits projection of one diffraction optical element into recess of another optical element

Patent Assignee: CANON KK (CANO)

Number of Countries: 001 Number of Patents: 001

Patent Family:

Patent No	Kind	Date	Applicat No	Kind	Date	Week
JP 2000114143	A	20000421	JP 98281295	A	19981002	200031 B

Priority Applications (No Type Date): JP 98281295 A 19981002

Patent Details:

Patent No	Kind	Lan Pg	Main IPC	Filing Notes
JP 2000114143	A	19	H01L-021/027	

Abstract (Basic): **JP 2000114143 A**

NOVELTY - Projection (26a) of diffraction optical element (26) is fitted in the recess (25c) of another optical element (25) in order to provide desired deflection angle. The optical elements are positioned relatively.

DETAILED DESCRIPTION - An INDEPENDENT CLAIM is also included for manufacturing method of optical unit.

USE - For manufacturing of integrated chips and large scale integration, etc.

ADVANTAGE - Optical unit with desired optical characteristic can be obtained by combining two optical elements.

DESCRIPTION OF DRAWING(S) - The figure shows the schematic sectional view of joining portion of two optical element.

First and second diffraction optical elements (25,26)

Recess (25c)

Projection (26a)

pp; 19 DwgNo 5/14

Title Terms: OPTICAL; UNIT; MANUFACTURE; INTEGRATE; CHIP; FIT; PROJECT; ONE ; DIFFRACTED; OPTICAL; ELEMENT; RECESS; OPTICAL; ELEMENT

Derwent Class: P81; U11

International Patent Class (Main): H01L-021/027

International Patent Class (Additional): G02B-007/00

File Segment: EPI; EngPI

Manual Codes (EPI/S-X): U11-C04E1

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号
特開2000-114143
(P2000-114143A)

(43)公開日 平成12年4月21日(2000.4.21)

(51)Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	ターム(参考)
H 0 1 L 21/027		H 0 1 L 21/30	5 1 5 D 2 H 0 4 3
G 0 2 B 7/00		G 0 2 B 7/00	F 5 F 0 4 6

審査請求 有 請求項の数15 O L (全 19 頁)

(21)出願番号 特願平10-281295
(22)出願日 平成10年10月2日(1998.10.2)

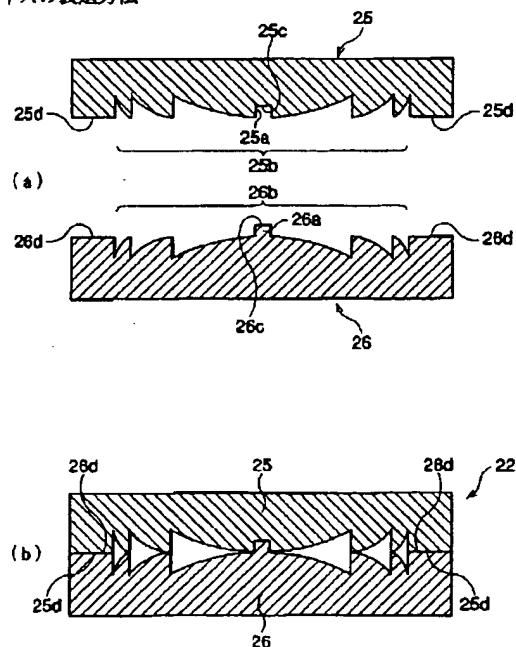
(71)出願人 000001007
キヤノン株式会社
東京都大田区下丸子3丁目30番2号
(72)発明者 関根 義之
東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤ
ノン株式会社内
(74)代理人 100090273
弁理士 國分 孝悦
Fターム(参考) 2H043 AA03 AD06 AD12 AED4
5F046 AA22 BA04 CA04 CB01 CB25

(54)【発明の名称】 光学ユニット、光学ユニットの製造方法、光学ユニットを用いた光学系、光学ユニットを用いた
露光装置及びこの露光装置を用いたデバイスの製造方法

(57)【要約】

【課題】2つの回折光学素子が精度良く位置決めされた光学ユニットを提供する。

【解決手段】第1の回折光学素子25と第2の回折光学素子26を張り合わせて光学ユニットを構成する際、第1の回折光学素子25の凹部25aと第2の回折光学素子26の凸部26aを嵌合させる。これにより、光軸と垂直な方向の位置精度を高めることが可能となり、光学ユニット22の性能を向上させることができる。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 第1の光学素子と、第2の光学素子とが接合された光学ユニットであって、

前記第1及び第2の光学素子のいずれか一方に凸部が形成され、他方に凹部が形成されており、

前記凸部と前記凹部が嵌合することにより、前記第1の光学素子と前記第2の光学素子の相対的な位置決めが成されていることを特徴とする光学ユニット。

【請求項2】 前記第1及び第2の光学素子は、入射する光線を所望の偏向角に回折させる回折光学素子であることを特徴とする請求項1に記載の光学ユニット。

【請求項3】 前記回折光学素子は、光軸方向に階段状に形成された回折パターンを有することを特徴とする請求項2に記載の光学ユニット。

【請求項4】 第1の光学素子と、第2の光学素子とが接合された光学ユニットであって、

前記第1及び第2の光学素子のいずれか一方に凸部が形成され、他方に凹部が形成されており、

前記凸部と前記凹部が嵌合することにより、前記第1の光学素子と前記第2の光学素子の相対的な位置決めが成されており、

前記第1及び第2の光学素子は、光軸方向に階段状に形成され入射する光線を所望の偏向角に回折させる回折パターンを有する回折光学素子であることを特徴とする光学ユニット。

【請求項5】 前記凸部と前記凹部が、前記第1及び第2の光学素子の回折格子面に形成されていることを特徴とする請求項1～4のいずれか1項に記載の光学ユニット。

【請求項6】 前記凸部と前記凹部が、前記第1及び第2の光学素子の回折格子面の外側に形成されていることを特徴とする請求項1～5のいずれか1項に記載の光学ユニット。

【請求項7】 前記凸部と前記凹部が、前記第1及び前記第2の光学素子を透過する光線の光軸位置に形成されていることを特徴とする請求項1～6のいずれか1項に記載の光学ユニット。

【請求項8】 前記凸部は複数箇所に形成されており、前記凸部の位置に対応して前記凹部が複数箇所に形成されていることを特徴とする請求項1～7のいずれか1項に記載の光学ユニット。

【請求項9】 前記第1の光学素子と前記第2の光学素子は所定の間隔をおいて接合されており、前記間隔に対して、光線が前記凸部を透過したときの光路長と前記凸部以外を透過したときの光路長との差が該光線の波長の整数倍となることを特徴とする請求項1～8のいずれか1項に記載の光学ユニット。

【請求項10】 前記第1の光学素子と前記第2の光学素子は異なる媒質からなり、前記凸部の先端と前記凹部の底の間に空間が形成されており、該空間と前記凸部、

前記凹部の構造で与えられる光路長が透過する光線の波長の整数倍とされていることを特徴とする請求項1～9のいずれか1項に記載の光学ユニット。

【請求項11】 第1の基板上の所定領域を選択的に除去することにより、表面を階段状に加工するとともに、該表面に少なくとも1つの凹部を形成する工程と、第2の基板上の所定領域を選択的に除去することにより、表面を階段状に加工するとともに、該表面に凸部を形成する工程と、

前記凹部に対して前記凸部を嵌合させることにより、前記第1の基板と前記第2の基板を相対的に位置決めし、前記第1の基板と前記第2の基板を接合することを特徴とする光学ユニットの製造方法。

【請求項12】 前記第1の基板と前記第2の基板は異なる媒質からなり、前記凸部の突出量を前記凹部の深さよりも小さく形成することを特徴とする請求項11に記載の光学ユニットの製造方法。

【請求項13】 請求項1～10のいずれか1項に記載の光学ユニットと、光学レンズを鏡筒内に備えたことを特徴とする光学系。

【請求項14】 請求項13に記載の光学系を照明光学系あるいは投影光学系として備え、被照射面に所定パターンを投影し露光を行うことを特徴とする露光装置。

【請求項15】 被照射面に感光材料を塗布するステップと、

請求項13に記載の露光装置を用いて、前記感光材料が塗布された前記被照射面に所定パターンの露光を行うステップと、

前記所定パターンの露光が行われた前記感光材料を現像するステップとを備えることを特徴とするデバイスの製造方法。

【請求項16】 前記被照射面はウェハ面上に形成され、当該ウェハ面に半導体素子を形成することを特徴とする請求項15に記載のデバイスの製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、回折光学素子などの光学素子を備えた光学ユニットに関し、特に、ICやLSI等を製作する際に好適な光学ユニットに関するものである。

【0002】

【従来の技術】近年の半導体素子の製造技術の進展は目覚ましく、それに伴う微細加工技術の進展も著しい。特に、近年はサブミクロンの解像力を有する微小投影露光装置、通称ステッパを用いて微細加工を行うことが主流であり、さらなる解像力向上にむけて光学系の開口数(NA)の拡大や、露光波長の短波長化、また新しい光学素子の導入も盛んに研究されている。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】従来の露光装置におい

ては、例えば色収差の補正に用いる回折光学素子のような光学素子を用いた場合、光学素子の回折格子面にゴミ、有機物等が付着して光学性能が劣化するという問題が生じていた。

【0004】また、光学素子同士を接合する場合、接合する回折光学素子同士の位置決めを精度良く行うことができないため、光学性能が劣化する場合があった。

【0005】本発明は、このような問題を解決するために成されたものであり、光学素子同士の相対位置を高精度に保った状態で接合して、所望の光学性能を有する光学ユニットを構成することにある。

【0006】

【課題を解決するための手段】本発明の光学ユニットは、第1の光学素子と、第2の光学素子とが接合された光学ユニットであって、前記第1及び第2の光学素子のいずれか一方に凸部が形成され、他方に凹部が形成されており、前記凸部と前記凹部が嵌合することにより、前記第1の光学素子と前記第2の光学素子の相対的な位置決めが成されていることを特徴とする光学ユニット。

【0007】本発明の光学ユニットの一態様例において、前記第1及び第2の光学素子は、入射する光線を所望の偏向角に回折させる回折光学素子である。

【0008】本発明の光学ユニットの一態様例において、前記回折光学素子は、光軸方向に階段状に形成された回折パターンを有する。

【0009】本発明の光学ユニットは、第1の光学素子と、第2の光学素子とが接合された光学ユニットであって、前記第1及び第2の光学素子のいずれか一方に凸部が形成され、他方に凹部が形成されており、前記凸部と前記凹部が嵌合することにより、前記第1の光学素子と前記第2の光学素子の相対的な位置決めが成されており、前記第1及び第2の光学素子は、光軸方向に階段状に形成され入射する光線を所望の偏向角に回折させる回折パターンを有する回折光学素子である。

【0010】本発明の光学ユニットの一態様例においては、前記凸部と前記凹部が、前記第1及び第2の光学素子の回折格子面に形成されている。

【0011】本発明の光学ユニットの一態様例においては、前記凸部と前記凹部が、前記第1及び第2の光学素子の回折格子面の外側に形成されている。

【0012】本発明の光学ユニットの一態様例においては、前記凸部と前記凹部が、前記第1及び前記第2の光学素子を透過する光線の光軸位置に形成されている。

【0013】本発明の光学ユニットの一態様例において、前記凸部は複数箇所に形成されており、前記凸部の位置に対応して前記凹部が複数箇所に形成されている。

【0014】本発明の光学ユニットの一態様例においては、前記第1の光学素子と前記第2の光学素子は所定の間隔をおいて接合されており、前記間隔に対して、光線が前記凸部を透過したときの光路長と前記凸部以外を透

過したときの光路長との差が該光線の波長の整数倍とされている。

【0015】本発明の光学ユニットの一態様例において、前記第1の光学素子と前記第2の光学素子は異なる媒質からなり、前記凸部の先端と前記凹部の底の間に空間が形成されており、該空間と前記凸部、前記凹部の構造で与えられる光路長が透過する光線の波長の整数倍とされている。

【0016】本発明の光学ユニットの製造方法は、第1の基板上の所定領域を選択的に除去することにより、表面を階段状に加工するとともに、該表面に少なくとも1つの凹部を形成する工程と、第2の基板上の所定領域を選択的に除去することにより、表面を階段状に加工するとともに、該表面に凸部を形成する工程と、前記凹部に対して前記凸部を嵌合させることにより、前記第1の基板と前記第2の基板を相対的に位置決めし、前記第1の基板と前記第2の基板を接合する。

【0017】本発明の光学ユニットの製造方法の一態様例において、前記第1の基板と前記第2の基板は異なる媒質からなり、前記凸部の突出量を前記凹部の深さよりも小さく形成する。

【0018】本発明の光学系は、上記光学ユニットと、光学レンズを鏡筒内に備えている。

【0019】本発明の露光装置は、上記光学系を照明光学系あるいは投影光学系として備え、被照射面に所定パターンを投影し露光を行う。

【0020】本発明のデバイスの製造方法は、被照射面に感光材料を塗布するステップと、上記露光装置を用いて、前記感光材料が塗布された前記被照射面に所定パターンの露光を行うステップと、前記所定パターンの露光が行われた前記感光材料を現像するステップとを備える。

【0021】本発明のデバイスの製造方法の一態様例においては、前記被照射面はウェハ面上に形成され、当該ウェハ面に半導体素子を形成する。

【0022】

【作用】本発明においては、第1の光学素子の凹部と第2の光学素子の凸部が嵌合しているため、光軸と垂直方向の相対位置を高精度に位置決めすることができる。また、凸部の先端と凹部の底の間に光線の波長の整数倍に相当する光路長の空間を設けることにより、第1の光学素子と第2の光学素子の媒質が異なり、屈折率が異なる場合でも、凹部、凸部が光学ユニット全体に与える光学性能への影響を抑制することが可能となる。

【0023】

【発明の実施の形態】（第1の実施形態）以下、本発明の第1の実施形態を図面に基いて説明する。図1は第1の実施形態に係る光学ユニットを用いたステッパ（縮小投影露光装置）の全体構成を示す側面図である。図2は、図1に示すステッパにおける投影光学系の一

部を示す概略断面図である。また、図3は図2の光学系における光学ユニットを示す分解斜視図である。そして、図4は光学ユニットの光軸に垂直な方向の断面を示す概略断面図である。

【0024】先ず、第1の実施形態について説明する。図1は、第1の実施形態のステッパーの主要構成を示す模式図である。このステッパーは、所望のパターンが描かれたレチクル11に照明光を照射するための照明光学系10と、レチクル11を通過した照明光が入射して当該レチクル11のパターンをウェハ13の表面に縮小投影するための投影光学系12と、ウェハ13が載置固定されるウェハチャック14と、ウェハチャック14が固定されるウェハステージ15とを有している。

【0025】前記光学系は、紫外線や遠紫外線等の短波長光、ここでは照明光としての高輝度のArFエキシマレーザー光を発する光源1と、光源1からの照明光を所望の光束形状に変換するビーム形状変換手段2と、複数のシリンドリカルレンズや微小レンズを2次元的に配置されてなるオブティカルインテグレータ3と、不図示の切替手段により任意の絞りに切替可能とされ、オブティカルインテグレータ3により形成された2次光源の位置近傍に配置された絞り部材4と、絞り部材4を通過した照明光を集光するコンデンサーレンズ5と、例えば4枚の可変ブレードにより構成され、レチクル11の共役面に配置されてレチクル11の表面での照明範囲を任意に決定するブラインド7と、ブラインド7で所定形状に決定された照明光をレチクル11の表面に投影するための結像レンズ8と、結像レンズ8からの照明光をレチクル11の方向へ反射させる折り曲げミラー9とを有している。

【0026】以上のように構成されたステッパーを用い、レチクル11のパターンをウェハ13の表面に縮小投影する動作について説明する。

【0027】先ず、光源1から発した照明光は、ビーム形状変換手段2で所定形状に変換された後、オブティカルインテグレータ3に指向される。このとき、その射出面近傍に複数の2次光源が形成される。この2次光源からの照明光が、絞り部材4を介してコンデンサーレンズ5で集光され、ブラインド7で所定形状に決定された後に結像レンズ8を介して折り曲げミラー9で反射し、レチクル11のパターンを通過して投影光学系12に入射する。そして、投影光学系12を通過して前記パターンが所定寸法に縮小されてウェハ13の表面に投影され、露光が施される。

【0028】次に、第1の実施形態における光学ユニット22を備えた投影光学系12の構成を説明する。図2は、図1における投影光学系12の一部を示す断面図である。鏡筒21の内部に光学ユニット22が固定されており、光学ユニット22の上側と下側に光学レンズ23、24が固定されている。

【0029】光学ユニット22は、単体で光学レンズを複数枚重ねたものと同等の効果を有するユニットであり、投影光学系12における収差、特に色収差を抑えることが可能である。

【0030】すなわち、投影光学系12に光学ユニット22を挿入することにより、投影光学系12の光学レンズの枚数を少なくして、収差の発生を最小限に抑えることが可能である。

【0031】図3は光学ユニット22を分解した状態での斜視図を示している。光学ユニット22は、第1の回折光学素子25と第2の回折光学素子26から構成されている。第1及び第2の回折光学素子25、26の片面には回折格子面25b、26bが形成されている。これらの回折格子面25a、26aは互いに向き合うように配置される。

【0032】第1の回折光学素子25と第2の回折光学素子26は、主に石英からなる素子に微小な段差を形成することにより回折格子面25b、26bを形成したバイナリー型光学素子であって、この微小な段差により入射する光線を所望の偏向角に屈折させることができる。

【0033】第1の回折光学素子25及び第2の回折光学素子26は、上述した石英を主とする素子を半導体製造プロセスにおいて使用されるフォトリソグラフィ及びドライエッチング技術によって微細加工したものであり、図6に一点鎖線で示す理想の素子形状（ブレード形状）を階段状に近似した形状に形成されている。ここで、階段状断面の1段の高さは40nm～60nm程度である。

【0034】回折格子面25b、26bの回折パターンを形成するには、円盤状の基板の表面にフォトリソグラフィ及びドライエッチングを施すことによりパターンニングして形成するが、図6に示すように回折パターンを階段状に形成するには、その段数に応じた回数のパターンニングが必要である。図6に示す如く、回折パターンを4段状に形成する場合には、2回のパターンニングが必要となる。ここで、第1及び第2の回折光学素子25、26の素子となる円盤状基板が比較的大きい場合には、1回の露光で全範囲を露光することができないため、素子面を同心円状に分割してそれぞれの領域毎に2回のパターンニングを行うことになる。

【0035】図4は第1及び第2の回折光学素子25、26の光軸に沿った方向の断面を示している。第1の実施形態に係る光学ユニットは、図4(a)に示す第1の回折光学素子25と第2の回折光学素子26を、図4(b)に示すように回折格子面25a、26aを向かい合わせた状態で張り合わせることによって構成される。

【0036】このように、回折格子面25b、26bを向かい合わせて張り合わせることで、回折格子面25b、26bにキズ等が生じることを抑止することができ、また、回折格子面25b、26bへのゴミ、有機物

が付着することを防止することが可能である。

【0037】また、第1の回折光学素子25と第2の回折光学素子26を張り合わせて一体とすることにより、光学ユニット22の機能を第1、第2の回折光学素子25、26の回折格子面25b、26bのそれぞれに分割することができる。すなわち、回折格子面25b及び回折格子面26bのそれぞれのピッチを粗くすることが可能となる。従って、回折格子面25b、26bの形状を単純化することができ、例えばエッチングの回数を減らすことにより製造工程を簡略化することができる。

【0038】図3及び図4に示すように、第1の回折光学素子25の回折格子面25bの光軸位置には凹部25aが、第2の回折光学素子26の回折格子面26bの光軸位置には凸部26aが形成されている。凹部25a、凸部26aの幅（あるいは直径）は10 μ m程度に形成されている。ここで、凹部25aの深さと凸部26aの突出量は等しくなるように両者を形成しておく。

【0039】図4（b）に示すように、第1の回折光学素子25と第2の回折光学素子26を接合することにより、凹部25aと凸部26aが嵌合する。図5は、これらの凹部25aと凸部26aの嵌合状態を拡大して示す断面図である。このように、凹部25aと凸部26aを嵌合させることによって、第1の回折光学素子25と第2の回折光学素子26の光軸と垂直な方向の相対的な位置決めを確実に行うことができる。

【0040】第1及び第2の回折光学素子25、26の回折格子面25b、26bは、ともに光軸を中心として回転対称に形成されている。従って、凹部25aと凸部26aは光軸位置にそれぞれ1ヶ所設けることにより、光軸と垂直方向の位置決めをすることが可能である。

【0041】第1及び第2の回折光学素子25、26は同一媒質からなり、屈折率が等しいもの同士で構成されている。凹部25aの深さと凸部26aの突出量を等しくすることにより、図5に示すように、凹部25aに凸部26aを嵌合させると、凹部25aの底25cと凸部26aの上面26cが当接することになる。これにより、凹部25aと凸部25aを同一の媒質として完全に一体化することができ、また、凹部25a、凸部26aは幅が10 μ m程度の微小形状であるため、この部位において透過する光線に及ぼす悪影響はない。

【0042】上述したように、第1及び第2の回折光学素子25、26の回折格子面25b、25bはフォトリソグラフィ及びドライエッチングにより形成されるため、凹部25a及び凸部25aも回折格子面25b、26bの形成と同時に形成することができ、回折格子面25b、26bの回折パターンと、凹部25aあるいは凸部26aの相対的位置は高い精度で形成することができる。また、回折格子面25b、26bと同時に形成することができるため、凹部25a及び凸部26aを形成するために特に工程を増やす必要はない。なお、凸部25

aはデポジットにより形成することも可能であり、例えば半導体製造工程における通常のCVD (Chemical Vapor Deposition) 法により形成してもよい。

【0043】第1の回折光学素子25と第2の回折光学素子26は、凹部25aと凸部25aによって位置合わせした後、例えば周縁部25d、26dに接着剤を塗布してを接着することにより、両者を固定して一体化する。また、第1の回折光学素子25と第2の回折光学素子26の周縁部25d、26dの表面の面精度を高めた状態で両者を密着させて、オプティカルコンタクトにより接合してもよい。

【0044】なお、凹部25a、凸部26aは、上述したように第1及び第2の回折光学素子25、26の光軸中心位置に形成しているため、第1及び第2の回折光学素子25、26に回折格子面25b、26bを形成する際、あるいは他の工程において、装置に対する位置合わせの基準としても使用することができる。この場合、凹部25aの深さを光学ユニット22を透過する光線の波長の整数倍としておくことにより、位置合わせの際、凹部25a、凸部26aの形状に起因する光学的な影響を抑えることができる。

【0045】以上説明したように、本発明の第1の実施形態においては、光学ユニット22を第1及び第2の回折光学素子25、26から構成し、両者を接合する際に第1の回折光学素子25に形成した凹部25aと、第2の回折光学素子26に形成した凸部26aを嵌合させて位置決めをするため、光軸と垂直な方向への第1の回折光学素子25と第2の回折光学素子26の相対的な位置ズレの発生を抑止することができる。これにより、両者を張り合わせて一体の光学ユニット22を構成した際の光学性能の劣化を最小限に抑えることができ、所望の性能を有する光学ユニットを構成することが可能となる。

【0046】また、第1の回折光学素子25と第2の回折光学素子26を張り合わせて一体とすることにより、光学ユニット22の機能を第1、第2の回折光学素子25、26の回折格子面25b、26bのそれぞれに分割することができる。従って、回折格子面25b及び回折格子面26bのそれぞれのピッチを粗くすることが可能となり、回折格子面25b、26bの形状を単純化することができるため、例えばエッチングの回数を減らすことにより製造工程を簡略化することができる。

【0047】そして、回折格子面25b、26bを向かい合わせて接合することにより、回折格子面25b、26bを確実に保護することができ、回折格子面25b、26bへのゴミ、有機物の付着を抑止することができる。

【0048】しかも、凹部25a及び凸部26aは、回折格子面25b、26bを形成する工程において同時に形成することができるため、工程を煩雑化させることなく回折格子面25b、26bの回折パターンとともに形

成することができる。

【0049】また、上述した第1及び第2の実施形態において、第1の回折光学素子25と第2の回折光学素子26の間の空間に積極的に気体を封入してもよい。この場合には、ステッパーの光源の波長と空間27に封入された気体の種類、圧力を適当に設定することによって、効果的に光線を回折させることが可能である。この場合、ネオン(Ne)等の不活性ガス、窒素(N₂)等を光源1の光線の波長に応じて選択することができる。

【0050】なお、第1の実施形態において、より確実な位置合わせを行うために、図7に示すように、第1の回折光学素子25と第2の回折光学素子26の周縁部に凹部25A、凸部26Aを設けてもよい。これにより、光学ユニット22の性能に悪影響を与えることなく、凹部、凸部を形成することができる。

【0051】(第2の実施形態)次に、本発明の第2の実施形態を図面に基づいて説明する。第2の実施形態においても本発明に係る光学ユニットを用いた装置としてステッパーを例示する。第2の実施形態におけるステッパーの主要構成は、第1の実施形態におけるステッパーの主要構成と同一であるため、説明は省略する。なお、第2の実施形態を説明する図8～図10において、第1の実施形態と実質的に同一の構成部材等については第1の実施形態と同一の符号を記す。

【0052】第2の実施形態における光学ユニット22は、第1の実施形態と同様に2つの回折光学素子の張り合わせによって構成されている。第2の実施形態は、これらの2つの回折光学素子を異なる媒質により構成し、且つ位置決めのための凹部、凸部を複数箇所設けている点が第1の実施形態と異なっている。

【0053】図8は光学ユニット22を分解した状態での斜視図を示している。第1の実施形態と同様、光学ユニット22は第1の回折光学素子25と第2の回折光学素子26から構成されている。そして、第1及び第2の回折光学素子25、26の片面には回折格子面25b、26bが形成されている。これらの回折格子面25a、26aは互いに向き合うように配置される。

【0054】図9は、第2の実施形態における第1及び第2の回折光学素子25、26の光軸に沿った方向の断面を示している。第1の実施形態と同様に、光学ユニット22は、図9(a)に示す第1の回折光学素子25と第2の回折光学素子26を、図9(b)に示すように回折格子面25a、26aを向かい合わせた状態で張り合わせるによって構成される。

【0055】第2の実施形態に係る第1及び第2の回折光学素子25、26は、第1の実施形態の回折光学素子とは異なり、光軸に対して非対称に形成されている。ただし、平面座標のX方向、Y方向に関しては、それぞれX軸、Y軸に対して対称な回折パターンに形成されている。従って、第2の実施形態における第1の回折光学素

子25には、複数の凹部25a、25a'、25a"が設けられている。そして、凹部25a、25a'、25a"の位置に対応して第2の回折光学素子26の所定位置に凸部26a、26a'、26a"が設けられている。そして、図9(b)に示すように、第1の回折光学素子25と第2の回折光学素子26を張り合わせると、これらの凹部25a、25a'、25a"と凸部26a、26a'、26a"が嵌合する。このように、少なくとも2ヶ所の凹部、凸部をそれぞれの回折光学素子に設けることによって、回折格子面25b、26bの回折パターンが光軸に対して回転対称に形成されていない場合であっても、確実に位置合わせを行うことができる。

【0056】また、第2の実施形態における第1及び第2の回折光学素子25、26をバイナリー型回折光学素子で構成した場合、回折格子面25b、26bの一部は平坦に形成されることになる。従って、この平坦面を利用して凹部25a、25a'、25a"あるいは凸部26a、26a'、26a"を光軸位置以外の回折格子面25b、26b上に形成することができる。これにより、凹部25a、25a'、25a"と凸部26a、26a'、26a"を形成する位置範囲を拡大することができる。また、平坦面に凹部25a、25a'、25a"と凸部26a、26a'、26a"を形成することにより、両者の密着性を高めて、より確実に位置決めを行うことができる。

【0057】凹部25a、25a'、25a"と凸部26a、26a'、26a"の数、形成する位置については、光学ユニット22に要求される光学性能に応じて適宜設定することができる。

【0058】第2の実施形態における第2の回折光学素子26は、第1の回折光学素子25とは異なる媒質によって形成されている。従って、第1の回折光学素子25と第2の回折光学素子26のそれぞれに光線を透過させた場合、それぞれの屈折率が異なることとなる。

【0059】光学ユニット22を構成する際、このように第1の回折光学素子25と第2の回折光学素子26の屈折率が異なるように両者の材質を変えることにより、光学ユニット22の機能を、より効果的に第1の回折光学素子25と第2の回折光学素子26に分散させることができる。これにより、光学ユニット22としての光学性能の許容範囲を拡大することができ、光学ユニット22の光学性能をより向上させることができる。

【0060】図10は、第1の回折光学素子25と第2の回折光学素子26を接合した際の、凹部25aと凸部26aの嵌合状態を拡大して示す断面図である。通常、凸部26aと凹部25aは10μm程度、あるいはそれ以下の微小形状であるので、この部位を透過する光線への影響は充分小さく、無視することも可能であるが、第2の実施形態のように、第1の回折光学素子25と第2の回折光学素子26の媒質が異なる場合には、凹部25

aの底25cと凸部26aの上面26cに隙間が生じるように凹部25aの深さと凸部の突出量を設定する。

【0061】この場合、凹部25aと凸部26aの嵌合部において以下の関係式が成立するようにする。

$$n_1 \times d_1 = \{ n_2 \times d_2 + n_3 \times (d_1 - d_2) \} = m\lambda$$

ここで、 n_1 は第1の回折光学素子25の屈折率、 n_2 は第2の回折光学素子26の屈折率、 n_3 は凹部25aと凸部26aの間隙を満たす媒質の屈折率、 d_1 は凹部25aの深さ、 d_2 は凸部26aの突出量、 λ は使用中心波長、 m は整数である。この内、 n_3 については、通常 $n_3 = 1$ と考えてよい。

【0062】このように凹部25aの深さ、凸部26aの突出量を設定することによって、嵌合部位に光線が通過した際の凹部25aと凸部26aによる光路長のズレの発生を抑えることができ、嵌合部位以外を透過する光線に対する照度低下を抑止することができる。なお、このことは凹部25a'、25a''、凸部26a'、26a''の嵌合量についても同様である。

【0063】以上説明したように、本発明の第2の実施形態においては、第1及び第2の回折光学素子25、26を接合して一体の光学ユニット22とするに際し、位置決めのための凹部25a、25a'、25a''と凸部26a、26a'、26a''をそれぞれ複数箇所に設けている。これにより、回折格子面25b、26bが光軸に対して回転対称に形成されていない場合における、第1の回折光学素子25と第2の回折光学素子26の位置合わせを確実に行うことができ、所望の光学性能を有する光学ユニット22を構成することができる。

【0064】また、第1の回折光学素子25と第2の回折光学素子26を異なる媒質とし、光学ユニット22を構成することにより、光学ユニット22の光学的な機能をより効果的に第1の回折光学素子25と第2の回折光学素子26に分散させることができ、光学ユニット22の光学性能を向上させることができる。

【0065】なお、第2の実施形態においても、図7において説明したように、複数形成された凹部と凸部のうちのいくつかを回折格子面25b、26bの外側に形成してもよい。これにより、凹部、凸部が光学ユニット22の性能に与える影響を更に低減させることができる。

【0066】(第3の実施形態) 次に、本発明の第3の実施形態を図面に基いて説明する。第3の実施形態においても本発明に係る光学ユニットを用いた装置としてステッパを例示する。第3の実施形態におけるステッパの主要構成も、第1の実施形態におけるステッパの主要構成と同一であるため、説明は省略する。なお、第3の実施形態を説明する図において、第1の実施形態と実質的に同一の構成部材等については第1の実施形態と同一の符号を記す。

【0067】第3の実施形態における光学ユニット22

は、第1の実施形態と同様に第1の回折光学素子25と第2の回折光学素子26の2つの回折光学素子から構成されている。図11は、第2の実施形態における第1及び第2の回折光学素子25、26の光軸に沿った方向の断面を示している。このように第3の実施形態は、第1の回折光学素子25と第2の回折光学素子26が所定距離だけ離間して光学ユニット22を構成している点が特徴である。

【0068】このとき、第1の回折光学素子25と第2の回折光学素子26の位置決めは、第1の回折光学素子25に形成された凹部25a、25a'、25a''と、第2の回折光学素子26と一体に形成された軸26e、26f、26gの先端が嵌合することによって行われる。

【0069】軸26e、26f、26gは第2の回折光学素子26と同一の素材を加工することにより形成してもよいし、別部材として形成して第2の回折光学素子26と固定して一体化してもよい。

【0070】そして、第1の回折光学素子25と第2の回折光学素子26の間隔は、図11に示すように、光路長差が透過する光の波長の整数倍($m\lambda$)となるのが望ましい。すなわち、第1の回折光学素子25と第2の回折光学素子26の屈折率を n 、両者の間を満たしている媒質の屈折率を n' とした場合、間隔を $m\lambda / (n - n')$ に設定しておく。このように第1の回折光学素子25と第2の回折光学素子26の間隔を設定することにより、光学ユニット22を光線が通過した際、嵌合部位において光路長が変わることによる性能への影響を防ぐことができるとともに、確実な位置合わせを行うことができる。

【0071】このように、第3の実施形態においては、第1の回折光学素子25と第2の回折光学素子26を所定の距離だけ離間させることにより、光学ユニット22の光学性能の選択範囲を広げ、所望の性能を有する光学ユニット22を構成することができる。

【0072】なお、上述した第1～第3の実施形態においては、光軸位置に凹部25a、凸部26aを形成した例を示したが、他の部位に形成した凹部、凸部のによって確実に位置決めすることができれば、必ずしも光軸位置に形成しなくてもよい。

【0073】また、上述した第1～第3の実施形態における第1及び第2の回折光学素子25、26は、それぞれ片面に回折格子面25b、26bが形成されている態様を示したが、両面に回折格子面を形成してもよい。

【0074】次に、図1を用いて説明したステッパを利用した半導体装置(半導体デバイス)の製造方法の一例を説明する。

【0075】図12は、半導体デバイス(ICやLSI等の半導体チップ、あるいは液晶パネルやCCD等)の製造工程のフローを示す。まず、ステップ1(回路設

計)では半導体デバイスの回路設計を行なう。ステップ2(マスク製作)では設計した回路パターンを形成したマスクを製作する。一方、ステップ3(ウェハ製造)ではシリコン等の材料を用いてウェハを製造する。ステップ4(ウェハプロセス)は前工程と称され、上記の如く用意したマスクとウェハを用いて、フォトリソグラフィ技術によってウェハ上に実際の回路を形成する。次のステップ5(組み立て)は後工程と称され、ステップ4によって作製されたウェハを用いて半導体チップ化する工程であり、アッセンブリ工程(ダイシング、ボンディング)、パッケージング工程(チップ封入)等の工程を含む。ステップ6(検査)ではステップ5で作製された半導体デバイスの動作確認テスト、耐久性テスト等の検査を行う。こうした工程を経て半導体デバイスが完成し、これが出荷(ステップ7)される。

【0076】図13は上記ウェハプロセスの詳細なフローを示す。ステップ11(酸化)ではウェハの表面を酸化させる。ステップ12(CVD)ではウェハ表面に絶縁膜を形成する。ステップ13(電極形成)ではウェハ上に電極を蒸着によって形成する。ステップ14(イオン打ち込み)ではウェハにイオンを打ち込む。ステップ15(レジスト処理)ではウェハに感光剤を塗布する。ステップ16(露光)では上記説明したステッパーによってマスクの回路パターンをウェハに焼付露光する。ステップ17(現像)では露光したウェハを現像する。ステップ18(エッチング)では現像したレジスト像以外の部分を削り取る。ステップ19(レジスト剥離)ではエッチングが終了して不要となったレジストを除去する。これらのステップを繰り返すことによって、ウェハ上に多重に回路パターンが形成される。

【0077】この製造方法を用いれば、ステップ16において本実施形態のステッパーを用いてその使用形態を限定されず自由度の高い状態で、ウェハ面に各種光学的収差の補正された均一な照明光が照射されるので、従来は製造が難しかった高集積度の半導体デバイスを容易且つ確実に製造することができる。なお、この製造方法によって、半導体デバイスのみならず回折光学素子25自身を製造してもよい。

【0078】なお、上述した第1～第3の実施形態においては、光学ユニット22を用いた光学装置としてステッパーを例示したが、本発明はこれに限定されるものではない。例えば、図14に示すように、テレビカメラを構成するレンズの一部として光学ユニットを用いてもよい。

【0079】図14に示すテレビカメラにおいては、光電変換素子(CCD)101の前側、すなわち被写体側にレンズ群102～105が構成されている。ここで102はフォーカシングレンズ群であり、103はバリエータールens群である。また、104はコンベンサーレンズ群、105はリレーレンズ群である。

【0080】フォーカシングレンズ群102はフォーカシングレンズ鏡筒によって保持され、光軸方向に移動するように構成されており、フォーカシングレンズ群102が移動することにより、合焦動作が行われる。バリエータールens群103とコンベンサーレンズ群104が移動することにより、ズームが行われる。そして、被写体の像がリレーレンズ群105の後方の光電変換素子101に結像されることにより、画像が形成される。

【0081】このような構成のテレビカメラにおいて、本発明に係る光学ユニット22は例えばコンベンサーレンズ群104の最前部に固定されている。これにより、収差の発生を抑えるために必要とされたレンズ群の一部を光学ユニット22によって置き換えることができる。そして、光学ユニット22をテレビカメラの光学系の中に構成することによって、光学系全体としてのレンズ枚数を削減することができ、近時の要請である小型化を実現でき、簡易な構成でテレビカメラを構成するとともに、製造コストを大幅に削減することができる。

【0082】

【発明の効果】本発明によれば、光学ユニットを複数の回折光学素子から構成することによって光学ユニットの性能を向上させることができる。従って、所望の光学性能を有する光学ユニットを提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施形態に係るステッパーの全体構成を示す模式図である。

【図2】本発明の第1の実施形態に係る縮小光学系の一部を示す概略断面図である。

【図3】本発明の第1の実施形態に係る光学ユニットを示す分解斜視図である。

【図4】本発明の第1の実施形態に係る光学ユニットを示す概略断面図である。

【図5】本発明の第1の実施形態に係る光学ユニットを構成する回折光学素子の嵌合部を示す断面図である。

【図6】本発明の第1の実施形態に係る回折光学素子の詳細を示す概略断面図である。

【図7】本発明の第1の実施形態の変形例に係る光学ユニットを示す概略断面図である。

【図8】本発明の第2の実施形態に係る光学ユニットを示す分解斜視図である。

【図9】本発明の第2の実施形態に係る光学ユニットを示す概略断面図である。

【図10】本発明の第2の実施形態に係る光学ユニットを構成する回折光学素子の嵌合部を示す断面図である。

【図11】本発明の第3の実施形態に係る光学ユニットを示す概略断面図である。

【図12】本発明に係るステッパーを用いた半導体デバイスの製造工程を示すフローチャートである。

【図13】図12の工程中のウェハプロセスを更に詳細

に示すフローチャートである。

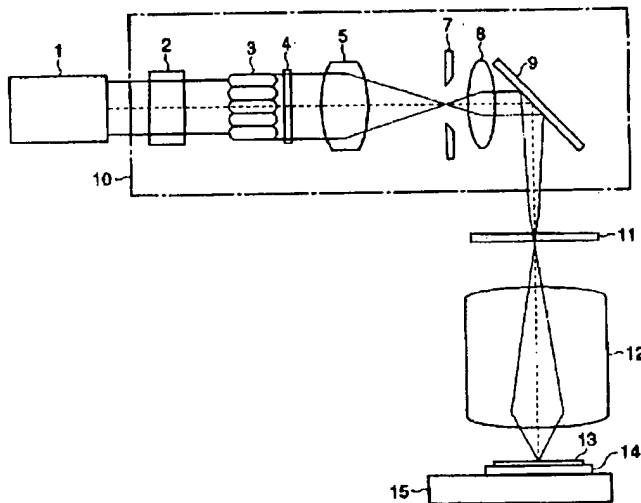
【図14】本発明に係るテレビカメラを示す概略断面図である。

【符号の説明】

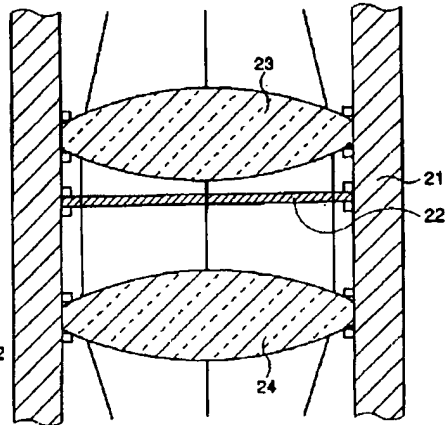
- 1 光源
- 2 ビーム形状変換手段
- 3 オプティカルインテグレータ
- 4 絞り部材
- 5 コンデンサーレンズ
- 7 ブラインド
- 8 結像レンズ
- 9 折り曲げミラー
- 10 照明光学系
- 11 レチクル
- 12 投影光学系
- 13 ウェハ

- 14 ウェハチャック
- 15 ウェハステージ
- 21 鏡筒
- 22 光学ユニット
- 23, 24 光学レンズ
- 25 第1の回折光学素子
- 25a, 25a', 25a'', 25A 凹部
- 25b, 26b 回折格子面
- 25c 底
- 25d, 26d 周縁部
- 26 第2の回折光学素子
- 26a, 26a', 26a'', 26A 凸部
- 26c 上面
- 26e, 26f, 26g 軸
- 27 空間

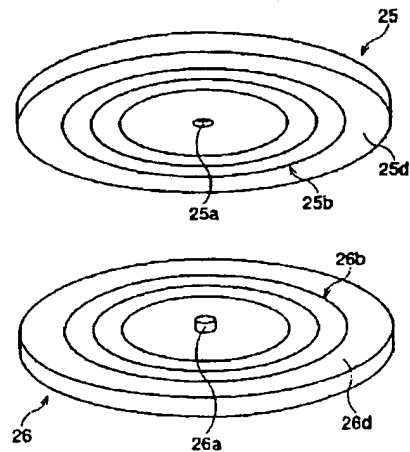
【図1】



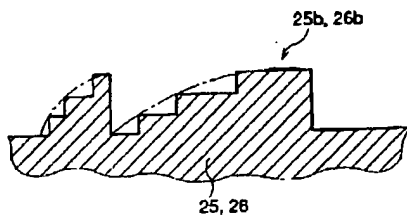
【図2】



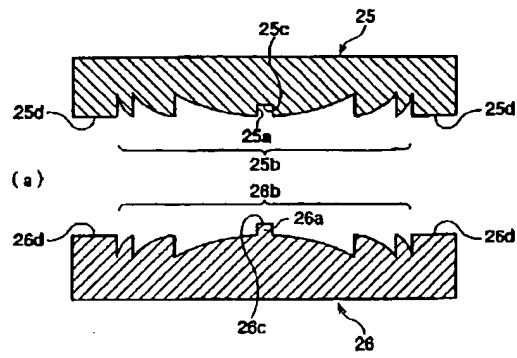
【図3】



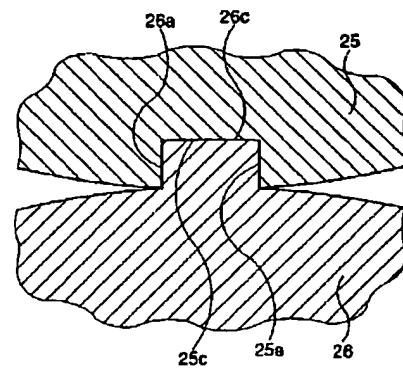
【図6】



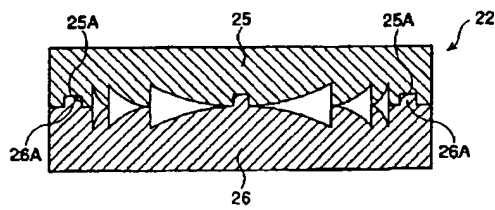
【図4】



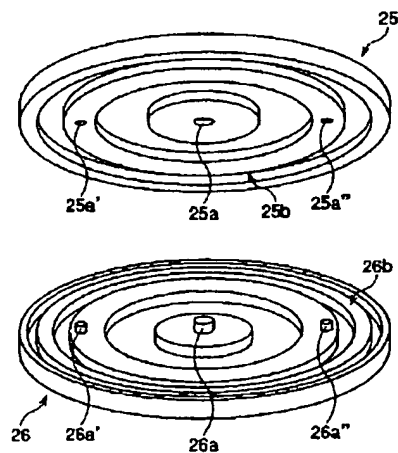
【図5】



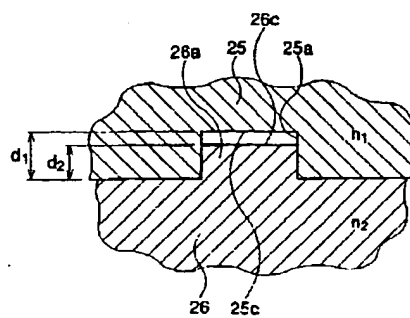
【図7】



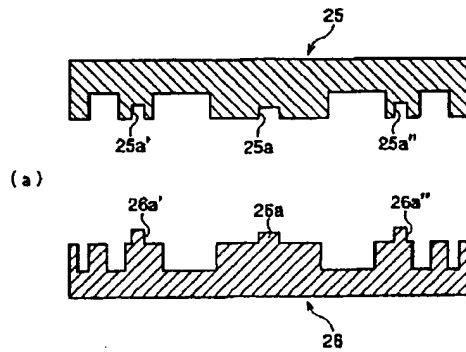
【図8】



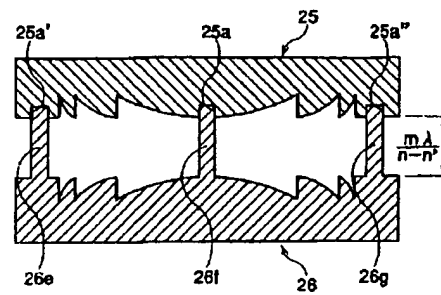
【図10】



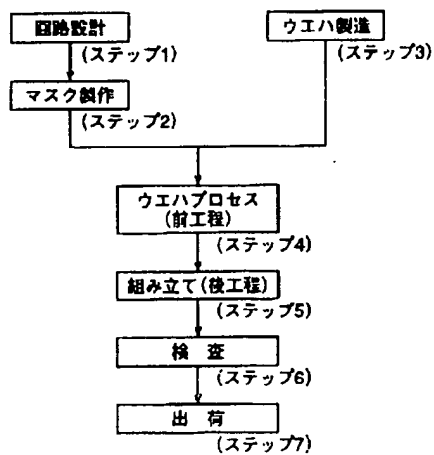
【図9】



【図11】

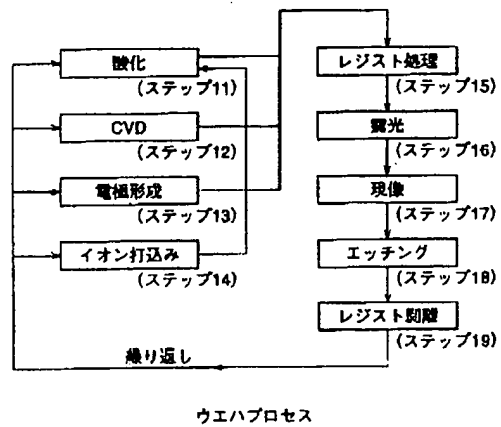


【図12】

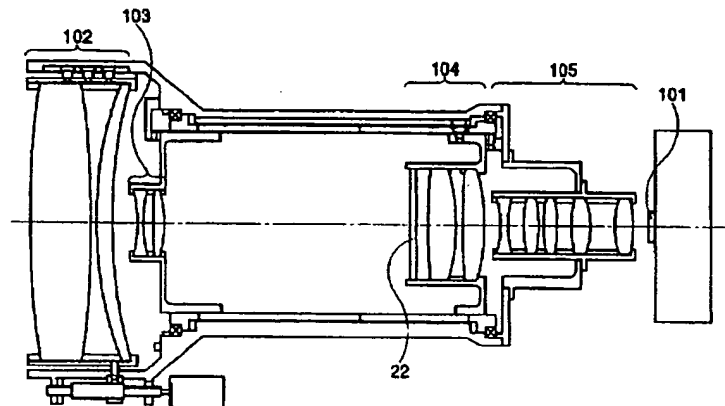


半導体デバイス製造フロー

【図13】



【図14】



【手続補正書】

【提出日】平成11年11月9日(1999.11.9)

【手続補正1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】全文

【補正方法】変更

【補正内容】

【書類名】明細書

【発明の名称】 光学ユニット、光学ユニットの製造方法、光学ユニットを用いた光学系、光学ユニットを用いた露光装置及びこの露光装置を用いたデバイスの製造方法

【特許請求の範囲】

【請求項1】 第1の光学素子と、第2の光学素子とを有する光学ユニットであって、前記第1の光学素子に凸部が形成され、前記第2の光学素子に凹部が形成されており、前記凸部と前記凹部が嵌合しており、これによって前記第1の光学素子と前記第2の光学素子間の位置合わせが成されていることを特徴とする光学ユニット。

【請求項2】 前記第1及び第2の光学素子は、それぞれ入射する光線を回折させる回折素子であることを特徴とする請求項1に記載の光学ユニット。

【請求項3】 前記回折素子は、光軸方向に階段状に形成された回折格子又はキノフォーム形状の回折格子を有することを特徴とする請求項2に記載の光学ユニット。

【請求項4】 第1の回折素子と、第2の回折素子とを有する光学ユニットであって、前記第1の回折素子に凸部が形成され、前記第2の回折素子に凹部が形成されており、前記凸部と前記凹部が嵌合しており、

前記第1及び第2の回折素子は、それぞれ例えば階段状の回折格子やキノフォーム形状の回折格子を有することを特徴とする光学ユニット。

【請求項5】 前記凸部と前記凹部が、前記第1及び第2の素子の回折格子面に形成されていることを特徴とする請求項2～4のいずれか1項に記載の光学ユニット。

【請求項6】 前記凸部と前記凹部が、前記第1及び第2の素子の回折格子面の外側に形成されていることを特徴とする請求項2～5のいずれか1項に記載の光学ユニット。

【請求項7】 前記凸部と前記凹部が、前記第1及び前記第2の素子のそれぞれの中心に形成されていることを特徴とする請求項1～6のいずれか1項に記載の光学ユニット。

【請求項8】 前記凸部は複数箇所に形成されており、前記凸部の位置に対応して前記凹部が複数箇所に形成されていることを特徴とする請求項1～7のいずれか1項に記載の光学ユニット。

【請求項9】 前記第1の素子と前記第2の素子は所定の間隔をおいて接合されており、前記間隔に対して、光線が前記凸部を透過したときの光路長と前記凸部以外を透過したときの光路長との差が該光線の波長の整数倍となっていることを特徴とする請求項1～8のいずれか1項に記載の光学ユニット。

【請求項10】 前記第1の素子と前記第2の素子は異なる媒質からなり、前記凸部の先端と前記凹部の底の間に空間が形成されており、該空間と前記凸部、前記凹部の構造で与えられる光路長が透過する光線の波長の整数倍とされていることを特徴とする請求項1～9のいずれか1項に記載の光学ユニット。

【請求項11】 第1の基板の所定領域を選択的に除去

することにより、表面を階段状に加工するとともに、該表面に少なくとも1つの凹部を形成する工程と、第2の基板上の所定領域を選択的に除去することにより、表面を階段状に加工するとともに、該表面に凸部を形成する工程と、前記凹部と前記凸部を嵌合させることにより、前記第1の基板と前記第2の基板を相対的に位置決めし、前記第1の基板と前記第2の基板を結合することを特徴とする光学ユニットの製造方法。

【請求項12】 前記第1の基板と前記第2の基板は異なる媒質からなり、前記凸部の突出量を前記凹部の深さよりも小さく形成することを特徴とする請求項11に記載の光学ユニットの製造方法。

【請求項13】 請求項1～10のいずれか1項に記載の光学ユニットと、レンズとを備えたことを特徴とする光学系。

【請求項14】 請求項13に記載の光学系を備え、被露光面にマスクパターンを投影し露光を行うことを特徴とする露光装置。

【請求項15】 請求項14に記載の露光装置を用いて、感光材料が塗布された被露光体をデバイスパターンで露光するステップと、前記露光が行われた前記被露光体を現像するステップとを備えることを特徴とするデバイスの製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、回折光学素子などの光学素子を備えた光学ユニットに関し、特に、ICやLSI等を製作する際に好適な光学ユニットに関するものである。

【0002】

【従来の技術】近年の半導体素子の製造技術の進展は目覚ましく、それに伴う微細加工技術の進展も著しい。特に、近年はサブミクロンの解像力を有する微小投影露光装置、通称ステッパを用いて微細加工を行うことが主流であり、さらなる解像力向上にむけて光学系の開口数(NA)の拡大や、露光波長の短波長化、また新しい光学素子の導入も盛んに研究されている。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】従来、露光装置において、例えば色収差の補正に用いる回折素子(回折光学素子)のような光学素子を複数用いることが提案されている。

【0004】しかし、回折素子同士を接合する場合、接合する回折素子同士の位置決めを精度良く行うことができないと、装置の光学性能が劣化する。

【0005】本発明は、このような問題に鑑みて成されたものであり、光学素子同士の位置決めが精度良く行われて、当該光学素子同士が接合された所望の光学性能を有する光学ユニットを構成することにある。

【0006】

【課題を解決するための手段】本発明の光学ユニットは、第1の光学素子と、第2の光学素子とを有する光学ユニットであって、前記第1の光学素子に凸部が形成され、前記第2の光学素子に凹部が形成されており、前記凸部と前記凹部が嵌合しており、これによって前記第1の光学素子と前記第2の光学素子の相対的な位置決めが成されている。

【0007】本発明の光学ユニットの一態様例において、前記第1及び第2の光学素子は、入射する光線を回折させる回折光学素子である。

【0008】本発明の光学ユニットの一態様例において、前記回折光学素子は、階段状の回折格子(Binary grating)又はキノフォーム形状(ブレード形状)の回折格子を有する。

【0009】本発明の光学ユニットは、第1の回折素子と、第2の回折素子とを有する光学ユニットであって、前記第1の回折素子に凸部が形成され、前記第2の回折素子に凹部が形成されており、前記凸部と前記凹部が嵌合しており、前記第1、第2の回折素子は、例えば上記の、それぞれ階段状の回折格子又はキノフォーム形状の回折格子である。

【0010】本発明の光学ユニットの一態様例においては、前記凸部と前記凹部が、前記第1及び第2の素子の回折格子面に形成されている。

【0011】本発明の光学ユニットの一態様例においては、前記凸部と前記凹部が、前記第1及び第2の素子の回折格子面の外側に形成されている。

【0012】本発明の光学ユニットの一態様例においては、前記凸部と前記凹部が、前記第1及び前記第2の素子の中心に形成されている。

【0013】本発明の光学ユニットの一態様例において、前記凸部は複数箇所に形成されており、前記凸部の位置に対応して前記凹部が複数箇所に形成されている。

【0014】本発明の光学ユニットの一態様例においては、前記第1の素子と前記第2の素子は所定の間隔をおいて接合されており、前記間隔に対して、光線が前記凸部を透過したときの光路長と前記凸部以外を透過したときの光路長との差が該光線の波長の整数倍とされている。

【0015】本発明の光学ユニットの一態様例において、前記第1の素子と前記第2の素子は異なる媒質からなり、前記凸部の先端と前記凹部の底の間に空間が形成されており、該空間と前記凸部、前記凹部の構造で与えられる光路長が透過する光線の波長の整数倍とされている。

【0016】本発明の光学ユニットの製造方法は、第1の基板上の所定領域を選択的に除去することにより、表面を階段状に加工するとともに、該表面に少なくとも1つの凹部を形成する工程と、第2の基板上の所定領域を

選択的に除去することにより、表面を階段状に加工するとともに、当該表面に凸部を形成する工程と、前記凹部と前記凸部を嵌合させることにより、前記第1の基板と前記第2の基板を相対的に位置決めし、前記第1の基板と前記第2の基板を接合する。

【0017】本発明の光学ユニットの製造方法の一態様例において、前記第1の基板と前記第2の基板は異なる媒質からなり、前記凸部の突出量を前記凹部の深さよりも小さく形成する。

【0018】本発明の光学系は、上記光学ユニットと光学レンズを備えている。

【0019】本発明の露光装置は、上記光学系を備え、被露光面にマスクパターンを投影し露光を行う。

【0020】本発明のデバイスの製造方法は、上記露光装置を用いて、前記感光材料が塗布された被露光体をデバイスパターンで露光するステップと、前記露光が行われた前記被露光体を現像するステップとを備える。

【0021】

【作用】本発明においては、第1の素子の凸部と第2の素子の凹部が嵌合しているため、光軸と垂直方向の相対位置を高精度に位置決めすることができる。また、本発明の一形態によれば、凸部の先端と凹部の底の間に光線の波長の整数倍に相当する光路長の空間を設けることにより、第1の素子と第2の素子の媒質が異なり、屈折率が異なる場合でも、凹部、凸部が光学ユニット全体に与える光学性能への影響を抑制することが可能となる。

【0022】

【発明の実施の形態】（第1の実施形態）以下、本発明の第1の実施形態を図面に基いて説明する。図1は第1の実施形態に係る光学ユニットを用いたステッパー（縮小投影露光装置）の全体構成を示す図である。図2は、図1に示すステッパーにおける投影光学系の一部を示す概略断面図である。また、図3は図2の光学系における光学ユニットを示す分解斜視図である。そして、図4は図2の光学系における光学ユニットの、光軸を含む断面を示す概略断面図である。

【0023】まず、第1の実施形態について説明する。図1は、第1の実施形態のステッパーの主要構成を示す模式図である。このステッパーは、回路パターンが描かれたレチクル11に照明光を照射するための照明光学系10と、レチクル11を通過した光を用いて当該レチクル11のパターンをウェハ13の表面に縮小投影するための投影光学系12と、ウェハ13が載置固定されるウェハチャック14と、ウェハチャック14が固定されるウェハステージ15とを有している。

【0024】前記光学系は、紫外線や遠紫外線等の短波長光、ここでは照明光としての高輝度のArFエキシマレーザー光を発する光源1と、光源1からの照明光を所望の光束形状に変換するビーム形状変換手段2と、複数のシリンドリカルレンズや微小レンズを2次元的に配置

されてなるオプティカルインテグレート3と、不図示の切替手段により任意の絞りに切替可能とされ、オプティカルインテグレート3により形成された2次光源の位置近傍に配置された絞り部材4と、絞り部材4を通過した照明光を集光するコンデンサーレンズ5と、例えば4枚の可変ブレードにより構成され、レチクル11の共役面に配置されてレチクル11の表面での照明範囲を任意に決定するブラインド7と、ブラインド7で所定形状に決定された照明光をレチクル11の表面に投影するための結像レンズ8と、結像レンズ8からの照明光をレチクル11の方向へ反射させる折り曲げミラー9とを有している。

【0025】以上のように構成されたステッパーを用い、レチクル11のパターンをウェハ13の表面に縮小投影する動作について説明する。

【0026】まず、光源1から発した照明光は、ビーム形状変換手段2で所定形状に変換された後、オプティカルインテグレート3に指向される。このとき、その射出面近傍に複数の2次光源が形成される。この2次光源からの照明光が、絞り部材4を介してコンデンサーレンズ5で集光され、ブラインド7で所定形状に決定された後に結像レンズ8を介して折り曲げミラー9で反射し、レチクル11のパターンを通過して投影光学系12に入射する。そして、投影光学系12を通過して前記パターンが所定寸法に縮小されてウェハ13の表面に投影され、露光が施される。

【0027】次に、第1の実施形態における光学ユニット22を備えた投影光学系12の構成を説明する。図2は、図1における投影光学系12の一部を示す断面図である。鏡筒21の内部に光学ユニット22が固定されており、光学ユニット22の上側と下側にレンズ23、24が固定されている。

【0028】光学ユニット22は、単体でレンズを複数枚重ねたものと同等の効果を有するユニットであり、投影光学系12における収差、特に色収差を抑えることが可能である。

【0029】すなわち、投影光学系12に光学ユニット22を挿入することにより、投影光学系12の光学レンズの枚数を少なくして、収差の発生を最小限に抑えることが可能である。

【0030】図3は光学ユニット22を分解した状態での斜視図を示している。光学ユニット22は、第1の回折光学素子25と第2の回折光学素子26から構成されている。第1及び第2の回折光学素子25、26の片面には回折格子面25b、26bが形成されている。これらの回折格子面25a、26aは互いに向き合うように配置される。

【0031】第1の回折光学素子25と第2の回折光学素子26は、主に石英からなる素材に微小な段差を形成することにより回折格子面25b、26bを形成したバ

イナリー型光学素子であって、この微小な段差により入射する光線を所望の偏向角で回折させることができる。

【0032】第1の回折光学素子25及び第2の回折光学素子26は、上述した石英を主とする素材を半導体製造プロセスにおいて使用されるフォトリソグラフィ及びドライエッチング技術によって微細加工したものであり、図6に一点鎖線で示す理想の素子形状（ブレード形状、即ちキノフォーム（kinoform））を階段状に近似した形状に形成されている。ここで、階段状断面の1段の高さは40nm～60nm程度である。

【0033】回折格子面25b、26bの回折パターンを形成するには、円盤状の基板の表面にフォトリソグラフィ及びドライエッチングを施すことによりパターンニングして形成するが、図6に示すように回折パターンを階段状に形成するには、その段数に応じた回数のパターンニングが必要である。図6に示す如く、回折パターンを4段階に形成する場合には、2回のパターンニングが必要となる。ここで、第1及び第2の回折光学素子25、26の素材となる円盤状基板が比較的大きい場合には、1回の露光で全範囲を露光することができないため、素子面を同心円状に分割してそれぞれの領域毎に2回のパターンニングを行うことになる。

【0034】図4は第1及び第2の回折光学素子25、26の、光軸を含む断面を示している。第1の実施形態に係る光学ユニットは、図4（a）に示す第1の回折光学素子25と第2の回折光学素子26を、図4（b）に示すように回折格子面25a、26aを向かい合わせた状態で張り合わせることによって構成される。

【0035】このように、回折格子面25b、26bを向かい合わせて張り合わせることで、回折格子面25b、26bにキズ等が生じることを抑止することができ、また、回折格子面25b、26bへのゴミ、有機物が付着することを防止することが可能である。

【0036】また、第1の回折光学素子25と第2の回折光学素子26を張り合わせて一体とすることにより、光学ユニット22の機能を第1、第2の回折光学素子25、26の回折格子面25b、26bのそれぞれに分割することができる。すなわち、回折格子面25b及び回折格子面26bのそれぞれのピッチを粗くすることが可能となる。従って、回折格子面25b、26bの形状を単純化することができ、例えばエッチングの回数を減らすことにより製造工程を簡略化することができる。

【0037】図3及び図4に示すように、第1の回折光学素子25の回折格子面25bの中心の光軸位置には凹部25aが、第2の回折光学素子26の回折格子面26bの中心の光軸位置には凸部26aが形成されている。凹部25a、凸部26aの幅（あるいは直径）は10μm程度に形成されている。ここで、凹部25aの深さと、凸部26aの突出量とは等しくなるように両者を形成しておく。

【0038】図4（b）に示すように、第1の回折光学素子25と第2の回折光学素子26を接合することにより、凹部25aと凸部26aが嵌合する。図5は、これらの凹部25aと凸部26aの嵌合状態を拡大して示す断面図である。このように、凹部25aと凸部26aを嵌合させることによって、第1の回折光学素子25と第2の回折光学素子26の光軸と垂直な方向の相対的な位置決めを確実に行うことができる。

【0039】第1及び第2の回折光学素子25、26の回折格子面25b、26bは、ともに光軸を中心として回転対称に形成されている。従って、凹部25aと凸部26aは光軸位置にそれぞれ1ヶ所設けることにより、光軸と垂直方向の位置決めをすることが可能である。

【0040】第1及び第2の回折光学素子25、26は同一媒質からなり、屈折率が等しいもの同士で構成されている。凹部25aの深さと凸部26aの突出量を等しくすることにより、図5に示すように、凹部25aに凸部26aを嵌合させると、凹部25aの底25cと凸部26aの上面26cが当接することになる。これにより、凹部25aと凸部26aを同一の媒質として完全に一体化することができ、また、凹部25a、凸部26aは幅が10μm程度の微小形状であるため、この部位において透過する光線に及ぼす悪影響はない。

【0041】上述したように、第1及び第2の回折光学素子25、26の回折格子面25b、26bはフォトリソグラフィ及びドライエッチングにより形成されるため、凹部25a及び凸部26aも回折格子面25b、26bの形成と同時に形成することができ、回折格子面25b、26bの回折パターンと、凹部25aあるいは凸部26aの相対的位置は高い精度で形成することができる。また、回折格子面25b、26bと同時に形成することができるため、凹部25a及び凸部26aを形成するために特に工程を増やす必要はない。なお、凸部25aはデポジットにより形成することも可能であり、例えば半導体製造工程における通常のCVD（Chemical Vapor Deposition）法により形成してもよい。

【0042】第1の回折光学素子25と第2の回折光学素子26は、凹部25aと凸部26aによって位置合わせした後、例えば周縁部25d、26dに接着剤を塗布してを接着することにより、両者を固定して一体化する。また、第1の回折光学素子25と第2の回折光学素子26の周縁部25d、26dの表面の面精度を高めた状態で両者を密着させて、オプティカルコンタクトにより接合してもよい。

【0043】なお、凹部25a、凸部26aは、上述したように第1及び第2の回折光学素子25、26の光軸（中心）位置に形成しているため、第1及び第2の回折光学素子25、26に回折格子面25b、26bを形成する際、あるいは他の工程において、装置に対する位置合わせの基準としても使用することができる。この場

合、凹部25aの深さを光学ユニット22を透過する光線の波長 λ の整数倍としておくことにより、位置合わせの際、凹部25a、凸部26aの形状に起因する光学的な影響を抑えることができる。

【0044】以上説明したように、本発明の第1の実施形態においては、光学ユニット22を第1及び第2の回折光学素子25、26から構成し、両者を接合する際に第1の回折光学素子25に形成した凹部25aと、第2の回折光学素子26に形成した凸部26aを嵌合させて位置決めをするため、光軸と垂直な方向への第1の回折光学素子25と第2の回折光学素子26の相対的な位置ズレの発生を抑止することができる。これにより、両者を張り合わせて一体の光学ユニット22を構成した際の光学性能の劣化を最小限に抑えることができ、所望の性能を有する光学ユニットを構成することが可能となる。

【0045】また、第1の回折光学素子25と第2の回折光学素子26を張り合わせて一体とすることにより、光学ユニット22の機能を第1、第2の回折光学素子25、26の回折格子面25b、26bのそれぞれに分割することができる。従って、回折格子面25b及び回折格子面26bのそれぞれのピッチを粗くすることが可能となり、回折格子面25b、26bの形状を単純化することができるため、例えばエッチングの回数を減らすことにより製造工程を簡略化することができる。

【0046】そして、回折格子面25b、26bを向かい合わせて接合することにより、回折格子面25b、26bを確実に保護することができ、回折格子面25b、26bへのゴミ、有機物の付着を抑止することができる。

【0047】しかも、凹部25a及び凸部26aは、回折格子面25b、26bを形成する工程において同時に形成することができるため、工程を煩雑化させることなく回折格子面25b、26bの回折パターンとともに形成することができる。

【0048】また、上述した第1及び第2の実施形態において、第1の回折光学素子25と第2の回折光学素子26の間の空間に積極的に気体を封入してもよい。この場合には、ステッパの光源の波長と空間27に封入された気体の種類、圧力を適当に設定することによって、効果的に光線を回折させることが可能である。この場合、ネオン(Ne)、窒素(N₂)等の不活性ガスを光源1の光線の波長に応じて選択することができる。

【0049】なお、第1の実施形態において、より確実な位置合わせを行うために、図7に示すように、第1の回折光学素子25と第2の回折光学素子26の周縁部に凹部25A、凸部26Aを設けてもよい。これにより、光学ユニット22の性能に悪影響を与えることなく、凹部、凸部を形成することができる。

【0050】(第2の実施形態)次に、本発明の第2の実施形態を図面に基づいて説明する。第2の実施形態に

おいても本発明に係る光学ユニットを用いた装置としてステッパを例示する。第2の実施形態におけるステッパの主要構成は、第1の実施形態におけるステッパの主要構成と同一であるため、説明は省略する。なお、第2の実施形態を説明する図8～図10において、第1の実施形態と実質的に同一の構成部材等については第1の実施形態と同一の符号を記す。

【0051】第2の実施形態における光学ユニット22は、第1の実施形態と同様に2つの回折光学素子の張り合わせによって構成されている。第2の実施形態は、これらの2つの回折光学素子を異なる媒質により構成し、且つ位置決めのための凹部、凸部を複数箇所設けている点が第1の実施形態と異なっている。

【0052】図8は光学ユニット22を分解した状態での斜視図を示している。第1の実施形態と同様、光学ユニット22は第1の回折光学素子25と第2の回折光学素子26から構成されている。そして、第1及び第2の回折光学素子25、26の片面には回折格子面25b、26bが形成されている。これらの回折格子面25a、26aは互いに向き合うように配置される。

【0053】図9は、第2の実施形態における第1及び第2の回折光学素子25、26の光軸を含む断面を示している。第1の実施形態と同様に、光学ユニット22は、図9(a)に示す第1の回折光学素子25と第2の回折光学素子26を、図9(b)に示すように回折格子面25a、26aを向かい合わせた状態で張り合わせるることによって構成される。

【0054】第2の実施形態に係る第1及び第2の回折光学素子25、26は、第1の実施形態の回折光学素子とは異なり、光軸に対して非回転対称に形成されている。ただし、光軸に直交する平面座標のX方向、Y方向に関しては、それぞれX軸、Y軸に対して対称な回折パターンに形成されている。従って、第2の実施形態における第1の回折光学素子25には、複数の凹部25a、25a'、25a''が設けられている。そして、凹部25a、25a'、25a''の位置に対応して第2の回折光学素子26の所定位置に凸部26a、26a'、26a''が設けられている。そして、図9(b)に示すように、第1の回折光学素子25と第2の回折光学素子26を張り合わせると、これらの凹部25a、25a'、25a''と凸部26a、26a'、26a''が嵌合する。このように、少なくとも2ヶ所の凹部、凸部をそれぞれの回折光学素子に設けることによって、回折格子面25b、26bの回折パターンが光軸に対して回転対称に形成されていない場合であっても、確実に位置合わせを行うことができる。

【0055】また、第2の実施形態における第1及び第2の回折光学素子25、26をバイナリー型回折光学素子で構成した場合、回折格子面25b、26bの一部は平坦に形成されることになる。従って、この平坦面を利

用して凹部25a, 25a', 25a"あるいは凸部26a, 26a', 26a"を光軸位置以外の回折格子面25b, 26b上に形成することができる。これにより、凹部25a, 25a', 25a"と凸部26a, 26a', 26a"を形成する位置範囲を拡大することができる。また、平坦面に凹部25a, 25a', 25a"と凸部26a, 26a', 26a"を形成することにより、両者の密着性を高めて、より確実に位置決めを行うことができる。

【0056】凹部25a, 25a', 25a"と凸部26a, 26a', 26a"の数、形成する位置については、光学ユニット22に要求される光学性能に応じて適宜設定することができる。

【0057】第2の実施形態における第2の回折光学素子26は、第1の回折光学素子25とは異なる媒質によって形成されている。従って、第1の回折光学素子25と第2の回折光学素子26のそれぞれに光線を透過させた場合、それぞれの屈折率が異なることとなる。

【0058】光学ユニット22を構成する際、このように第1の回折光学素子25と第2の回折光学素子26の屈折率が異なるように両者の材質を変えることにより、光学ユニット22の機能を、より効果的に第1の回折光学素子25と第2の回折光学素子26に分散させることができる。これにより、光学ユニット22としての光学性能の許容範囲を拡大することができ、光学ユニット22の光学性能をより向上させることができる。

【0059】図10は、第1の回折光学素子25と第2の回折光学素子26を接合した際の、凹部25aと凸部26aの嵌合状態を拡大して示す断面図である。通常、凸部26aと凹部25aは10μm程度、あるいはそれ以下の微小形状であるので、この部位を透過する光線への影響は充分小さく、無視することも可能であるが、第2の実施形態のように、第1の回折光学素子25と第2の回折光学素子26の媒質が異なる場合には、凹部25aの底25cと凸部26aの上面26cに隙間が生じるように凹部25aの深さと凸部の突出量を設定する。

【0060】この場合、凹部25aと凸部26aの嵌合部において以下の関係式が成立するようにする。

$$n_1 \times d_1 - \{ n_2 \times d_2 + n_3 \times (d_1 - d_2) \} = m\lambda$$

ここで、 n_1 は第1の回折光学素子25の屈折率、 n_2 は第2の回折光学素子26の屈折率、 n_3 は凹部25aと凸部26aの間隙を満たす媒質の屈折率、 d_1 は凹部25aの深さ、 d_2 は凸部26aの突出量、 λ は使用中心波長、 m は整数である。この内、 n_3 については、通常 $n_3 = 1$ と考えてよい。

【0061】このように凹部25aの深さ、凸部26aの突出量を設定することによって、嵌合部位に光線が通過した際の凹部25aと凸部26aによる光路長のズレの発生を抑えることができ、嵌合部位以外を透過する光

線に対する照度低下を抑止することができる。なお、このことは凹部25a', 25a", 凸部26a', 26a"の嵌合量についても同様である。

【0062】以上説明したように、本発明の第2の実施形態においては、第1及び第2の回折光学素子25, 26を接合して一体の光学ユニット22とするに際し、位置決めのための凹部25a, 25a', 25a"と凸部26a, 26a', 26a"をそれぞれ複数箇所に設けている。これにより、回折格子面25b, 26bが光軸に対して回転対称に形成されていない場合における、第1の回折光学素子25と第2の回折光学素子26の位置合わせを確実に行うことができ、所望の光学性能を有する光学ユニット22を構成することができる。

【0063】また、第1の回折光学素子25と第2の回折光学素子26を異なる媒質とし、光学ユニット22を構成することにより、光学ユニット22の光学的な機能をより効果的に第1の回折光学素子25と第2の回折光学素子26に分散させることができ、光学ユニット22の光学性能を向上させることができる。

【0064】なお、第2の実施形態においても、図7において説明したように、複数形成された凹部と凸部のうちのいくつかを回折格子面25b, 26bの外側に形成してもよい。これにより、凹部、凸部が光学ユニット22の性能に与える影響を更に低減させることができる。

【0065】(第3の実施形態) 次に、本発明の第3の実施形態を図面に基づいて説明する。第3の実施形態においても本発明に係る光学ユニットを用いた装置としてステッパーを例示する。第3の実施形態におけるステッパーの主要構成も、第1の実施形態におけるステッパーの主要構成と同一であるため、説明は省略する。なお、第3の実施形態を説明する図において、第1の実施形態と実質的に同一の構成部材等については第1の実施形態と同一の符号を記す。

【0066】第3の実施形態における光学ユニット22は、第1の実施形態と同様に第1の回折光学素子25と第2の回折光学素子26の2つの回折光学素子から構成されている。図11は、第2の実施形態における第1及び第2の回折光学素子25, 26の、光軸を含む断面を示している。このように第3の実施形態は、第1の回折光学素子25と第2の回折光学素子26が所定距離だけ離間して光学ユニット22を構成している点の特徴である。

【0067】このとき、第1の回折光学素子25と第2の回折光学素子26の位置決めは、第1の回折光学素子25に形成された凹部25a, 25a', 25a"と、第2の回折光学素子26と一体に形成された軸26e, 26f, 26gの先端が嵌合することによって行われる。

【0068】軸26e, 26f, 26gは第2の回折光学素子26と同一の素材を加工することにより形成して

もよいし、別部材として形成して第2の回折光学素子26と固定して一体化してもよい。

【0069】そして、第1の回折光学素子25と第2の回折光学素子26の間隔は、図11に示すように、光路長差が透過する光の波長の整数倍($m\lambda$)となるのが望ましい。すなわち、第1の回折光学素子25と第2の回折光学素子26の屈折率を n 、両者の間を満たしている媒質の屈折率を n' とした場合、間隔を $m\lambda/(n-n')$ に設定しておく。このように第1の回折光学素子25と第2の回折光学素子26の間隔を設定することにより、光学ユニット22を光線が通過した際、嵌合部位において光路長が変わることによる性能への影響を防ぐことができるとともに、確実な位置合わせを行うことができる。

【0070】このように、第3の実施形態においては、第1の回折光学素子25と第2の回折光学素子26を所定の距離だけ離間させることにより、光学ユニット22の光学性能の選択範囲を広げ、所望の性能を有する光学ユニット22を構成することができる。

【0071】なお、上述した第1～第3の実施形態においては、光軸位置に凹部25a、凸部26aを形成した例を示したが、他の部位に形成した凹部、凸部のによって確実に位置決めすることができれば、必ずしも光軸位置に形成しなくてもよい。

【0072】また、上述した第1～第3の実施形態における第1及び第2の回折光学素子25、26は、それぞれ片面に回折格子面25b、26bが形成されている態様を示したが、両面に回折格子面を形成してもよい。

【0073】次に、以上説明したステッパーを利用した半導体装置(半導体デバイス)の製造方法の一例を説明する。

【0074】図12は、半導体デバイス(ICやLSI等の半導体チップ、あるいは液晶パネルやCCD等)の製造工程のフローを示す。まず、ステップ1(回路設計)では半導体デバイスの回路設計を行なう。ステップ2(マスク製作)では設計した回路パターンを形成したマスクを製作する。一方、ステップ3(ウェハ製造)ではシリコン等の材料を用いてウェハを製造する。ステップ4(ウェハプロセス)は前工程と称され、上記の如く用意したマスクとウェハを用いて、フォトリソグラフィ技術によってウェハ上に実際の回路を形成する。次のステップ5(組み立て)は後工程と称され、ステップ4によって作製されたウェハを用いて半導体チップ化する工程であり、アッセンブリ工程(ダイシング、ボンディング)、パッケージング工程(チップ封入)等の工程を含む。ステップ6(検査)ではステップ5で作製された半導体デバイスの動作確認テスト、耐久性テスト等の検査を行う。こうした工程を経て半導体デバイスが完成し、これが出荷(ステップ7)される。

【0075】図13は上記ウェハプロセスの詳細なフロ

ーを示す。ステップ11(酸化)ではウェハの表面を酸化させる。ステップ12(CVD)ではウェハ表面に絶縁膜を形成する。ステップ13(電極形成)ではウェハ上に電極を蒸着によって形成する。ステップ14(イオン打込み)ではウェハにイオンを打ち込む。ステップ15(レジスト処理)ではウェハに感光剤を塗布する。ステップ16(露光)では上記説明したステッパーによってマスクの回路パターンをウェハに焼付露光する。ステップ17(現像)では露光したウェハを現像する。ステップ18(エッチング)では現像したレジスト像以外の部分を削り取る。ステップ19(レジスト剥離)ではエッチングが終了して不要となったレジストを除去する。これらのステップを繰り返すことにより、ウェハ上に多重に回路パターンが形成される。

【0076】この製造方法を用いれば、ステップ16において本実施形態のステッパーを用いてその使用形態を限定されず自由度の高い状態で、ウェハ面に各種光学的収差の補正された均一な照明光が照射されるので、従来は製造が難しかった高集積度の半導体デバイスを容易且つ確実に製造することができる。なお、この製造方法によって、半導体デバイスのみならず回折光学素子25自身を製造してもよい。

【0077】なお、上述した第1～第3の実施形態においては、光学ユニット22を用いた光学装置としてステッパーを例示したが、本発明はこれに限定されるものではない。例えば、図14に示すように、テレビカメラを構成するレンズの一部として光学ユニットを用いてもよい。

【0078】図14に示すテレビカメラにおいては、光電変換素子(CCD)101の前側、すなわち被写体側にレンズ群102～105が構成されている。ここで102はフォーカシングレンズ群であり、103はバリエーターレンズ群である。また、104はコンベンサーレンズ群、105はリレーレンズ群である。

【0079】フォーカシングレンズ群102はフォーカシングレンズ鏡筒によって保持され、光軸方向に移動するように構成されており、フォーカシングレンズ群102が移動することにより、合焦動作が行われる。バリエーターレンズ群103とコンベンサーレンズ群104が移動することにより、ズーム動作が行われる。そして、被写体の像がリレーレンズ群105の後方の光電変換素子101に結像されることにより、画像が形成される。

【0080】このような構成のテレビカメラにおいて、本発明に係る光学ユニット22は例えばコンベンサーレンズ群104の最前部に固定されている。これにより、収差の発生を抑えるために必要とされたレンズ群の一部を光学ユニット22によって置き換えることができる。そして、光学ユニット22をテレビカメラの光学系の中に構成することによって、光学系全体としてのレン

ズ枚数を削減することができ、近時の要請である小型化を実現でき、簡易な構成でテレビカメラを構成するとともに、製造コストを大幅に削減することができる。

【0081】

【発明の効果】本発明によれば、光学ユニットの複数の光学素子間の位置合わせが正しく成されるので、光学ユニットの性能を向上させることができる。従って、所望の光学性能を有する光学ユニットを提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施形態に係るステッパーの全体構成を示す模式図である。

【図2】本発明の第1の実施形態に係る縮小光学系の一部を示す概略断面図である。

【図3】本発明の第1の実施形態に係る光学ユニットを示す分解斜視図である。

【図4】本発明の第1の実施形態に係る光学ユニットを示す概略断面図である。

【図5】本発明の第1の実施形態に係る光学ユニットを構成する回折光学素子の嵌合部を示す断面図である。

【図6】本発明の第1の実施形態に係る回折光学素子の詳細を示す概略断面図である。

【図7】本発明の第1の実施形態の変形例に係る光学ユニットを示す概略断面図である。

【図8】本発明の第2の実施形態に係る光学ユニットを示す分解斜視図である。

【図9】本発明の第2の実施形態に係る光学ユニットを示す概略断面図である。

【図10】本発明の第2の実施形態に係る光学ユニットを構成する回折光学素子の嵌合部を示す断面図である。

【図11】本発明の第3の実施形態に係る光学ユニットを示す概略断面図である。

【図12】本発明に係るステッパーを用いた半導体デバ

イスの製造工程を示すフローチャートである。

【図13】図12の工程中のウェハプロセスを更に詳細に示すフローチャートである。

【図14】本発明に係るテレビカメラを示す概略断面図である。

【符号の説明】

- 1 光源
- 2 ビーム形状変換手段
- 3 オプティカルインテグレータ
- 4 絞り部材
- 5 コンデンサーレンズ
- 7 ブラインド
- 8 結像レンズ
- 9 折り曲げミラー
- 10 照明光学系
- 11 レチクル
- 12 投影光学系
- 13 ウェハ
- 14 ウェハチャック
- 15 ウェハステージ
- 21 鏡筒
- 22 光学ユニット
- 23, 24 光学レンズ
- 25 第1の回折光学素子
- 25a, 25a', 25a'', 25A 凹部
- 25b, 26b 回折格子面
- 25c 底
- 25d, 26d 周縁部
- 26 第2の回折光学素子
- 26a, 26a', 26a'', 26A 凸部
- 26c 上面
- 26e, 26f, 26g 軸
- 27 空間

THIS PAGE BLANK (USPTO)